

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетические установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Повышение уровня безопасности ядерного объекта путем внедрения концепции синергии 3S				

УДК 621.039.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Пушенко П.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ, ФТИ	Седнев Д.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Сечина А.А.	К.Х.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ ФТИ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетические установки

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ФЭУ

Долматов О.Ю.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы
В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Пушенко П.А.

Тема работы:

Повышение уровня безопасности ядерного объекта путем внедрения концепции синергии 3S	
Утверждена приказом директора ФТИ	18.02.2016 № 1333/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none">– гипотетический объект Институт ядерных исследований;– оборудование для обеспечения ядерной безопасности, физической защиты, гарантий нераспространения ЯМ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none">– анализ оборудования, используемого в каждой из 3S;– поиск идентичного оборудования и рассмотрение возможности объединения задач из каждой S;– описание возможности достижения синергетического эффекта за счёт унификации технических систем;– применение синергетического эффекта на гипотетическом объекте;– расчет экономической выгоды.
Перечень графического материала	блок оптической измерительной аппаратуры - эскизный чертеж

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина А.А.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику:	16.05.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ, ФТИ	Седнев Д.А.	к.т.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Пушенко П.А.		16.05.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0A2Г	Пушенко П.А.

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– стоимость расходных материалов; – стоимость расхода электроэнергии; – норматив заработной платы; – тариф на электроэнергию; – коэффициенты для расчета заработной платы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– расчет затрат на оборудование; – расчет заработной платы исполнителей.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; – определение интегрального показателя эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сечина А.А.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Пушенко П.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0A2Г	Пушенко П.А.

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры прикладной физики	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Пушенко П.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический

Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Кафедра Физико-энергетические установки

Период выполнения (весенний семестр 2014/2015 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.05.2016	<i>Выдача задания</i>	
19.05.2016	<i>Поиск и анализ литературы по синергии, поиск характеристик оборудования</i>	
26.05.2016	<i>Проведение унификации оборудования для реализации синергетического эффекта</i>	
09.06.2016	<i>Разработка и схематическое изображение гипотетического объекта</i>	
24.06.2016	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ ФТИ	Седнев Д.А.	к.т.н.		16.05.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ ФТИ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		16.05.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 83 страницы, 3 рисунка, 32 таблицы, 28 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: синергия 3S, ядерная безопасность, физическая защита, гарантии нераспространения ядерных материалов, унификация оборудования, повышение безопасности.

Объектом исследования является область ядерной безопасности, физической защиты ядерных объектов и гарантий нераспространения ядерных материалов с точки зрения оборудования, используемого в данных областях.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ вариантов возможной имплементации принципов синергии на предприятиях ЯТЦ.

В процессе работы была изучена литература и последние разработки в области синергии, проведен сравнительный анализ оборудования, используемого в областях ядерной безопасности, физической защиты, гарантий нераспространения ядерных материалов. На основе анализа было найдено новое оборудование, способное реализовать синергетический эффект на ядерных объектах.

В результате представлен план гипотетического объекта с применением синергетического эффекта и посчитана экономическая выгода, возникшая после имплементации принципа синергии.

Определения и сокращения

В данной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

гарантии нераспространения ядерных материалов: Средства, применяемые для проверки выполнения государством обязательств, полученных после соглашения с МАГАТЭ о гарантиях нераспространения всех ядерных материалов даже в мирной ядерной деятельности и чтобы убедиться, что такой материал не переключается на производство ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств;

несанкционированные действия: Действия с целью несанкционированного проникновения в зону доступа;

синергия: Суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы;

система контроля и управления доступом: Совокупность средств контроля и управления доступом, обладающих технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью;

физическая защита: Деятельность в области использования атомной энергии, осуществляемая в целях предотвращения диверсий и хищений в отношении ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения;

ядерная безопасность: Свойство ядерного объекта, обуславливающее с определенной вероятностью невозможность ядерной аварии.

В настоящей работе используются следующие сокращения:

АЛГ – аналитическая лаборатория по гарантиям МАГАТЭ;

АС – атомная станция;

АЭС – атомная энергетическая станция;

ДНЯО – договор о нераспространении ядерного оружия;

МАГАТЭ – Международное агентство по Атомной Энергии;

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;

НПБ РФ – нормативно-правовая база Российской Федерации;
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;
ПНАЭ – правила и нормы в атомной энергетике;
ПШПВ – полная ширина на половине высоты;
РА – разрушающий анализ;
РУ – радиационная установка;
РБТ – реактор бассейного типа;
САЛ – сеть аналитических лабораторий;
САС – система аварийной сигнализации;
СКУД – система контроля и управления доступом;
СО – средство обнаружения;
СОС – система охранной сигнализации;
СОСО – система оперативной связи и оповещения;
СОЭН – система оптико-электронного наблюдения;
СФЗ – система физической защиты;
СЦР – самоподдерживающаяся цепная реакция;
ФЗ – физическая защита;
ЯБ – ядерная безопасность;
ЯДМ – ядерный делящийся материал;
ЯМ – ядерный материал;
ЯО – ядерное оружие;
ЯОО – ядерно-опасный объект;
ЯТЦ – ядерно-топливный цикл.

Содержание

Введение.....	15
1 Составляющие безопасной эксплуатации объектов ЯТЦ	17
1.1 Ядерная безопасность	17
1.2 Физическая защита	19
1.3 Гарантии нераспространения ядерных материалов	22
2 Концепция синергии. Примеры практической реализации.....	24
2.1 3S Синергия.....	24
2.2 2S Синергия (2S Interference)	27
3 Практическая реализация синергии на предприятиях ЯТЦ.....	29
3.1 Оборудование ядерной безопасности.....	29
3.2 Оборудование физической защиты	31
3.2.1 Система охранной сигнализации.....	31
3.2.2 Система контроля и управления доступом	31
3.2.3 Система наблюдения и оценки обстановки.....	32
3.2.4 Система оперативной связи и оповещения	33
3.3 Оборудование гарантий.....	33
3.3.1 Неразрушающий анализ	33
3.3.2 Системы удаленного автоматизированного мониторинга	34
3.3.3 Системы пломбирования и оптико-электронного наблюдения	35
3.3.4 Разрушающий анализ.....	36
3.3.5 Разработки НИОКР	37
3.3.6 Безопасность данных	37
3.4 Предложение по унификации оборудования	38
4 Моделирование внедрения концепции 3S на объекты ЯТЦ.....	43
4.1 Описание модельного объекта.....	43
4.2 Описание используемого оборудования.....	44
4.3 Предложения по унификации аппаратного оснащения согласно концепции	46
5 Финансовый менеджмент.....	49

5.1	Анализ конкурентных технических решений	49
5.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	53
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	53
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	54
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	55
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	58
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64
6.	Социальная ответственность	67
6.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	67
6.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих	68
6.2.1	Организационные мероприятия.....	68
6.2.2	Технические мероприятия.....	68
6.2.3	Безопасные условия труда.....	70
6.3	Электробезопасность.....	72
6.4	Пожарная и взрывная безопасность	73
	Заключение	75
	Список публикаций студента.....	77
	Список использованных источников	79
	Приложение А.....	83

Введение

Любой объект, связанный с ядерными материалами постоянно находится в условиях определенного риска радиационных аварий, диверсий и распространения ядерных материалов. Эти риски регулируются нормативно-правовой базой в области ядерной энергетики. Расширение гражданской ядерной промышленности усиливает потребность в энергетической безопасности.

Генеральный директор МАГАТЭ Юкия Аmano, в своем выступлении на пятьдесят шестой ежегодной Генеральной конференции МАГАТЭ в 2012 году, подчеркнул, что через восемнадцать месяцев после аварии на Фукусиме, ясно, что ядерная энергетика остается важным энергетическим элементом для многих стран. Наши последние прогнозы показывают устойчивый рост числа атомных электростанций в мире в ближайшие 20 лет. Это означает дальнейшее распространение ядерной энергии для использования в мирных целях среди новых стран и в новых регионах, а также улучшение существующих возможностей [1].

Технология ядерной энергии сложна и требует высокого уровня научного развития, но в то же время она потенциально опасна для человечества, и требует самых передовых и хорошо продуманных действий. Несмотря на международный прочный опыт в работе с ядерными установками и связанной инфраструктурой, несчастный случай на Фукусиме показал, что использование ядерной энергии все еще может привести к катастрофическим последствиям. Таким образом, система использования ядерной энергии требует новых и новаторских идей улучшения уровня ядерной безопасности, физической защиты и гарантий нераспространения ядерных материалов (далее гарантии). Эти элементы создают стабильную систему для использования в мирных целях ядерной энергии.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ вариантов имплементации принципов синергии на предприятиях ЯТЦ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть основные принципы синергии 3S и 2S;
- провести анализ оборудования, используемого во всех трех областях;
- выполнить сравнительный анализ оборудования и разработку вариантов синергии;
- рассмотреть вариант имплементации синергии на гипотетическом ядерном объекте;
- рассчитать экономическую выгоду, возникающую после внедрения нового оборудования.

Объектом исследования работы является область ядерной безопасности, физической защиты ядерных объектов и гарантий нераспространения ядерных материалов с точки зрения оборудования, используемого в данных областях.

Предметом исследования работы является объединение трех, указанных выше областей, для реализации синергетического эффекта.

1 Составляющие безопасной эксплуатации объектов ЯТЦ

1.1 Ядерная безопасность

Международное агентство по атомной энергии рассматривает вопросы ядерной безопасности, имеет отдельные подразделения в этой области и выпускает рекомендации по обеспечению ЯБ.

С точки зрения МАГАТЭ ядерная безопасность означает защиту людей и охрану окружающей среды от радиационных рисков, и обеспечение безопасности установок и деятельности, связанной с радиационными рисками. Безопасность касается как радиационных рисков при обычных обстоятельствах, так и радиационных рисков, являющихся следствием инцидентов, а также других возможных непосредственных последствий утраты контроля над активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения [2].

В рамках МАГАТЭ за действия, связанные с ядерной безопасностью, отвечает Отдел Ядерной безопасности и физической защиты. Данный Отдел имеет два крупных подразделения: Подразделение безопасности ядерных установок, а также Подразделение радиационной, транспортной безопасности и безопасности радиоактивных отходов.

Основной задачей Подразделения безопасности ядерных установок является усиление глобального режима ядерной безопасности и обеспечение надлежащего уровня безопасности на протяжении всего срока эксплуатации всех типов ядерных установок в государствах-членах путем внедрения общих стандартов безопасности, а также помощь в их применении.

Подразделение радиационной, транспортной безопасности и безопасности радиоактивных отходов разрабатывает и поддерживает стандарты в области радиационной защиты, безопасности радиоактивных отходов и безопасности при транспортировке радиоактивных материалов для обеспечения надлежащей защиты работников, населения и окружающей среды от вредного

радиационного воздействия. Данное подразделение также предоставляет помощь государствам-членам в осуществлении этих стандартов.

Также для обеспечения ЯБ в качестве сборника рекомендательных документов МАГАТЭ создает Стандарты ЯБ (IAEA Safety Standards). Данные Стандарты включают в себя Основы ЯБ (Safety Fundamentals), Фундаментальные принципы ЯБ (Fundamental Safety Principles) и Руководства по ЯБ (Safety Guides) [2].

Основы ЯБ являются главной публикацией в серии Стандартов ЯБ и устанавливают основополагающие цели и принципы ЯБ. Основополагающие принципы безопасности составлены на языке, понятном для неспециалистов. Они представляют основу и обоснование норм ЯБ для государственных лиц и регулирующих органов.

Фундаментальные принципы ЯБ устанавливают требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и окружающей среды, как сейчас, так и в будущем. Принципы отвечают целям и принципам, изложенным в Основах ЯБ.

Руководства по ЯБ содержат рекомендации и указания о том, как соблюдать требования к ядерной безопасности. В Руководствах представлена передовая международная практика, чтобы помочь государствам достичь высоких уровней безопасности.

Согласно НПБ РФ требования по обеспечению ядерной безопасности прописаны в различных документах, как федерального уровня, так и объектового.

В рамках НПБ РФ термин ЯБ прописан в ПНАЭ Г-1-024-90 "Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций". Ядерная безопасность – свойство РУ и АС с определенной вероятностью предотвращать возникновение ядерной аварии.

Безопасность АС должна обеспечиваться за счет последовательной реализации концепции глубоко эшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения

ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранению их эффективности, а также по защите персонала, населения и окружающей среды.

Эксплуатирующая организация АС обеспечивает безопасность АС, включая меры по предотвращению аварий и уменьшению их последствий, учету и контролю, физической защите ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, радиационному контролю за состоянием окружающей среды в санитарно-защитной зоне и в зоне наблюдения, а также обеспечивает использование АС только для тех целей, для которых она была спроектирована и сооружена.

В случае неспособности эксплуатирующей организации АС обеспечить безопасность АС Минатом России несет ответственность за безопасность АС и надлежащее обращение с ядерными материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами. Минатом России обязан обеспечивать безопасность АС и надлежащее обращение с ядерными материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами до создания новой эксплуатирующей организации АС [5].

1.2 Физическая защита

С точки зрения МАГАТЭ определение физической защиты звучит следующим образом. Физическая защита – меры по защите ядерного материала или разрешенных установок (установок, в отношении которых имеется разрешение), призванные предотвратить несанкционированный доступ к делящемуся материалу или его изъятие или саботаж (диверсию) в отношении гарантий, как, например, предусмотренные в Конвенции о физической защите ядерного материала[2].

В рамках МАГАТЭ офис Физической защиты играет ведущую роль в планировании, осуществлении и оценке деятельности МАГАТЭ в области

физической защиты. Данный офис функционирует в качестве подразделения в рамках отдела "Ядерной безопасности и физической защиты".

Офис предоставляет консультационные услуги государствам в создании необходимой инфраструктуры для защиты ядерных и других радиоактивных материалов от хищений и диверсий, защиты ядерных установок и транспорта от саботажа и других злоумышленных действий, а также для борьбы с незаконным оборотом ядерных и других радиоактивных материалов. Таким образом не существует каких-либо юридических, нормативных или технических обязанностей МАГАТЭ в области физической защиты, агентство разрабатывает только рекомендации в данной области.

В рамках НПБ РФ нормы физической защиты прописаны в Постановлении Правительства РФ № 456 «Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов». Данный документ дает следующее определение физической защиты. Физическая защита— деятельность в области использования атомной энергии, осуществляемая в целях предотвращения диверсий и хищений в отношении ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения [6].

Система государственной физической защиты представляет собой единую систему планирования, координации, контроля и реализации комплекса технических и организационных мер для осуществления физической защиты. В состав государственной системы физической защиты входят:

- федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие управление координацию) деятельностью ядерных объектов;
- федеральные органы исполнительной власти, участвующие в создании, совершенствовании, осуществлении и обеспечении физической защиты;
- федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие государственный надзор за физической защитой;
- ядерные объекты.

Для осуществления физической защиты на ядерном объекте реализуется система физической защиты. Для выполнения задач физической защиты

руководство ядерного объекта (в отношении объектов, охраняемых внутренними войсками Министерства внутренних дел Российской Федерации или вневедомственной охраной при органах внутренних дел Российской Федерации, – совместно с руководством соответствующих воинских частей или подразделений) обеспечивает:

- проведение анализа уязвимости;
- оценку последствий несанкционированных действий в отношении предметов физической защиты;
- категорирование предметов физической защиты, помещений (при необходимости - зданий, сооружений) и ядерного объекта в целом;
- выделение охраняемых зон, зон ограниченного доступа и определение мест размещения предметов физической защиты в соответствующих зоне, здании, сооружении, помещении;
- создание системы охраны ядерного объекта;
- разработку требований к системе физической защиты на основании требований настоящих Правил и иных нормативных правовых актов;
- оценку эффективности системы физической защиты при ее создании (совершенствовании), а также при необходимости;
- разработку документов по организации и обеспечению физической защиты ядерного объекта;
- функционирование системы физической защиты, в том числе эксплуатацию инженерно-технических средств физической защиты;
- проведение объектового контроля за соблюдением требований по физической защите.

Система физической защиты включает в себя комплекс инженерно-технических средств, а также организационные мероприятия, направленные на их применение и совершенствование.

1.3 Гарантии нераспространения ядерных материалов

С точки зрения МАГАТЭ, гарантии нераспространения ЯМ – это средства, применяемые для проверки выполнения государством обязательств, полученных после соглашения с МАГАТЭ о гарантиях нераспространения всех ядерных материалов даже в мирной ядерной деятельности и чтобы убедиться, что такой материал не переключается на производство ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств [3].

МАГАТЭ реализует деятельность по гарантиям в Департаменте гарантий. Государства берут на себя обязательства по гарантиям посредством различных двусторонних или многосторонних договоров. Самым известным из них, несомненно, является Договор о нераспространении ядерного оружия, но также имеется целый ряд других соглашений. Для проверки выполнения обязательств, прописанных в данных соглашениях Департамент гарантий, разработал систему гарантий, которая включает в себя обширный комплекс технических мер, с помощью которых Секретариат МАГАТЭ самостоятельно проверяет достоверность и полноту заявлений, сделанных государствами об их деятельности, связанной с ядерными материалами путем проведения инспекций.

С помощью национальных гарантий обеспечивается решение проблемы ядерного нераспространения на государственном уровне. Специальное обращение с ЯМ представляет собой совокупность мер и технических средств, обеспечивающих сохранность и знания о ЯМ.

Для того чтобы надежно выполнить цели национальных гарантий, необходимо создать эшелонированную защиту ЯМ.

В связи с заключением ДНЯО (1968 г.), который установил международно-правовую норму обязательности применения гарантий в государствах – участниках Договора, не обладающих ЯО, Совет управляющих МАГАТЭ разработал типовое соглашение о всеобъемлющих гарантиях МАГАТЭ (INFCIRC/153) [17]. Ядерные государства – участники ДНЯО (СССР, США, Китай, Великобритания и Франция) с учетом пожеланий неядерных

стран в 1970–1980 гг. заключили соглашения с МАГАТЭ о добровольной постановке под гарантии своих гражданских ядерных установок.

В нашей стране в 1995 г. был принят Федеральный закон «Об использовании атомной энергии», который позволил упорядочить деятельность с ЯМ и отношения, возникающие в процессе этой деятельности. Положения, изложенные в Законе, составляют основу для безопасного обращения и нераспространения ЯМ в Российской Федерации. Также вопросы нераспространения рассмотрены в Договоре о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой (Московский договор) и Договоре о сокращении стратегических наступательных вооружений (СНВ).

2 Концепция синергии. Примеры практической реализации

2.1 3S Синергия

В 2008 году на Саммите большой восьмерки в Титосэ, Япония, была признана важность ядерной безопасности, физической защиты и гарантий (3S) по отношению к мирному использованию ядерной энергии. Члены большой восьмерки подтвердили общую заинтересованность постоянно улучшать 3S, чтобы обеспечивать прочную основу для международного доверия в области устойчивого использования атомной энергии. За два месяца до саммита, МАГАТЭ также отметило, что "ядерная безопасность, физическая защита, и гарантии дополняют друг друга, и все компоненты 3S имеют важное значение для будущего роста применения ядерных технологий".

Таким образом, соединение этих трех, дополняющих друг друга систем и привело к возникновению термина синергия. Процесс реализации синергии достаточно прост: если действие одной из подсистем уменьшается, то компенсация реализуется действием другой системы [5].

Иными словами, идея заключается в повышении эффективности сотрудничества между этими элементами, которые имеют относительно большое количество точек соприкосновения, но в то же время обладают своими особенностями.

Инициатива 3S была запущена из-за ряда факторов:

- связь между каждым "S" отсутствует, так как они разработаны независимо друг от друга в соответствии с историческими событиями и потому что они чаще всего регулируются разными организациями;
- ядерная безопасность и физическая защита связаны одной целью – защита людей и окружающей среды от радиационного воздействия;
- основной и самой важной целью объединения 3S является увеличение уровня безопасности на АЭС.

Подробный анализ частично совпадающих областей для каждого "S" показан на диаграмме Венна. Данная диаграмма выполнена в виде областей, представляющих разделы безопасности (3S). Пересечение данных областей и показывает пример синергии, реализуемый в каждом аспекте.

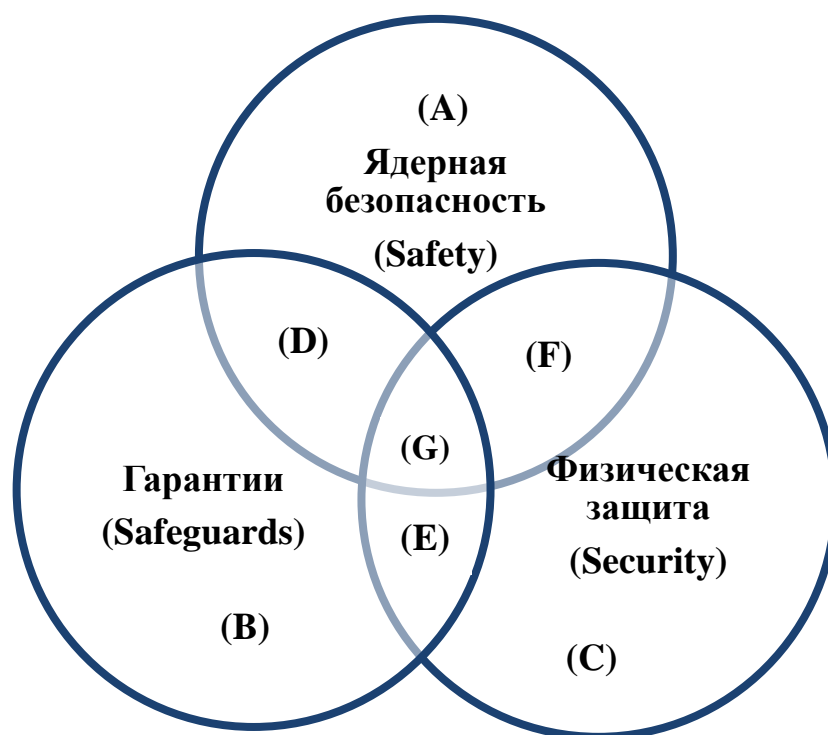


Рисунок 1 – Диаграмма Венна, изображающая потенциальную синергию с примерами [9]

- (A) – система аварийного охлаждения активной зоны на АЭС;
- (B) – барьер при входе на объект;
- (C) – прошедшее проверку устройство;
- (D) – двусторонние входные двери, предназначенные для сдерживания отрицательного давления и предотвращения радиоактивного выброса;
- (E) – управление ядерным материалом с использованием камер дистанционного мониторинга;
- (F) – управление ядерным материалом с помощью областей учета материалов;
- (G) – камера видеонаблюдения, предназначенная для многоцелевого использования;

Несколько примеров реализации синергии в разных областях было представлено в статье американских ученых [2].

Одной из областей пересечения в их работе была нормативно-правовая база в области ядерной энергетики. Ученые заметили, что в результате развития нормативно-правовой базы на разных уровнях с множеством нормативных требований, основанных на процедурах внутреннего контроля или выполнении надлежащих функций, рассмотренных в каждой из областей синергии отдельно, могут создать конфликтные ситуации для операторов. Для решения данной проблемы они предложили объединение законов для снижения риска возникновения противоречий между требованиями, предъявляемыми к каждой из трех дисциплин. Кроме того, регулярная самопроверка, сравнение с законами других стран и обучение может снизить риск создания несогласованных или противоречивых норм.

Один из рассмотренных вариантов синергии представлен в таблице 1. В данном примере рассматривается избавление от дублирования протоколов связи путем реализации стандартных протоколов.

Таблица 1 – Пример синергии

Событие	Результат события	Снижение риска
Развитие протоколов связи	Дублирование протоколов для подобных задач во всех трех S (например, сообщение, предупреждение) могут привести к ненужной нагрузке ресурсов	Реализация стандартных протоколов связи позволяет сэкономить на ИТ-инфраструктуре, причем стандартные коммуникационные протоколы будут иметь отдельные схемы аутентификации и шифрования для каждого пользователя [2]

2.2 2S Синергия (2S Interference)

Не всегда синергия реализуется путем объединения 3 компонентов. Объединение двух областей также является ресурсоэффективным и выгодным методом имплементации синергии.

Совместные действия в области гарантий и физической защиты были описаны в многочисленных резолюциях Генеральной конференции ООН. Данное направление является актуальным, так как оно было рассмотрено на Саммите по Ядерной Безопасности в Сеуле в 2012 году. Были определены следующие общие цели гарантий и физической защиты:

- сдерживание и обнаружение несанкционированного переключения ядерного материала;
- обеспечение всеобъемлющего учета и контроля ядерных материалов;
- обеспечение своевременного обнаружения аномалий в учете и контроле ядерных материалов;
- определение объемов аномалий [9].

Объединение в области ядерной безопасности и гарантий имеет упоминания и обсуждения на различных саммитах, а также играет важную роль для обеспечения безопасного функционирования АЭС. Эти области являются самостоятельными и внедрение синергии необходимо уже на стадии проектирования. Однако данное направление также было рассмотрено на Саммите по ядерной безопасности в 2012 году. Единственной областью пересечения, упоминаемой в литературе, является управление, учет и контроль ЯМ [10].

Взаимодействие между ядерной безопасностью и физической защитой также является важным направлением реализации синергетического эффекта. В Департаменте по ЯБ и ФЗ МАГАТЭ имеется подразделение "Секция координации ЯБ и ФЗ". Данное подразделение рассматривает вопросы координации деятельности двух данных областей.

В литературе упоминается четыре области, в которых прослеживается объединение ядерной безопасности и физической защиты:

- правовые и административные области контроля ресурсов;
- техническое проектирование;
- контроль доступа;
- предотвращение ЧС и смягчение их последствий.

5 Финансовый менеджмент

5.1 Анализ конкурентных технических решений

В данной работе рассматривается реализация синергетического эффекта на объектах ЯТЦ. Анализ конкурентных технических решений предлагается производить по технологии QuaD. Она представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки, ее перспективность на рынке и позволяет принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (таблица 18).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 18 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средне-взвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	100	100	1	20
2. Простота эксплуатации	0,05	70	100	0,7	3,5
3. Эффективность	0,15	100	100	1	15
4. Точность	0,15	90	100	0,9	13,5
5. Функциональность	0,05	90	100	0,9	4,5

Продолжение таблицы 18

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	70	100	0,7	7
2. Цена	0,2	90	100	0,9	18
3. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	90	100	0,9	9
Итого	1	700	800	7	90,5

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 1:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Как видно из анализа по технологии QuaD, данное исследование составило 90,5 баллов, что говорит о перспективности разработки.

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [20].

- **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.
- **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.
- **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.
- **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Таблица 19 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Повышение эффективности безопасности на объектах ЯТЦ С2. Экономическая выгода С3. Актуальность проблемы	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Нормативно-правовое несоответствие Сл2. Необходимость персонала, квалифицированного в смежных областях
Возможности: В1. Использование опыта зарубежных коллег для внедрения на Российских АЭС В2. Возможность предложения разработки данной темы со специалистами МАГАТЭ В3. Внедрение данного проекта на зарубежных объектах ЯТЦ	- Проработка проекта предоставит возможность нахождения синергетического эффекта в других областях	- Дальнейшие исследования и проработка всех аспектов проекта могут привести к внедрению проекта на Российских объектах ЯТЦ
Угрозы: У1. Отсутствие инвесторов У2. Отказ от проекта, ввиду недостаточной проработки У3. Неодобрение проекта обществом	- Актуальность исследования поможет привлечь инвесторов - Проработка проекта со специалистами поможет избежать отказа и неодобрения - Представление проекта на мировом рынке может привлечь и заинтересовать зарубежных инвесторов, либо обеспечить поддержку МАГАТЭ	- Отсутствие инвесторов и неодобрение проекта приведет к невозможности его реализации

Проведя анализ сильных сторон моего проекта были выделены такие достоинства как повышение эффективности безопасности на АЭС и получение экономической выгоды путем унификации оборудования. Так же предложение рассмотрения данного проекта специалистам МАГАТЭ и представителям РОСАТОМа предоставит возможность внедрения данного проекта на объектах ЯТЦ.

Однако при разработке были выявлены отрицательные стороны:

- Неодобрение проекта приведет к невозможности его реализации
- Может произойти отказ от проекта, ввиду его недостаточной проработки, но работа со специалистами поможет этого избежать

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей [21].

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	6	Разработка проекта	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель

Продолжение таблицы 20

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка плана объекта с предложенным оборудованием	Бакалавр
	9	Оценка эффективности предложенного проекта	Бакалавр
	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	11	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Подготовка к предоставлению проекта и его представление	Бакалавр

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [20].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 96 - 20} = 1,47,$$

$$t_{\min 1} = 1,$$

$$t_{\max 1} = 3,$$

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8,$$

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 1,8,$$

$$T_{k1} = 1,8 \cdot 1,47 = 3.$$

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблицу 21.

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность в раб. днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	$t_{min,}$ чел- дни		$t_{max,}$ чел- дни		$t_{ож1,}$ чел- дни					
	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р
1. Составление технического задания	-	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3
2. Подбор и изучение материалов по теме	7	1	10	2	8,2	1,4	4,1	0,7	6	1
3. Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
4. Календарное планирование работ	-	1	-	3	-	3,6	-	3,6	-	5

Продолжение таблицы 21

5. Проведение теоретических расчетов и обоснований	10	-	20	-	14	-	14	-	21	-
6. Разработка проекта	15	-	30	-	21	-	21	-	31	-
7. Определение целесообразности проведения ОКР	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
8. Разработка плана объекта с предложенным проектом	2	-	7	-	4	-	4	-	6	-
9. Оценка эффективности предложенного проекта	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
10. Составление пояснительной записки	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7	-
11. Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	2	1	3	1	2,4	1	1,2	0,5	2	1
12. Подготовка к представлению проекта и предоставление проекта	10	-	20	-	14	-	14	-	21	-

На основе таблицы 21 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта и представлен в таблице 22 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.

Таблица 22 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				март.				апрель				Май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Составление и утверждение технического задания	Р	3	■															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Б,Р	6,1	■	■														
3	Выбор направления исследований	Б, Р	1, 1		■														
4	Календарное планирование работ по теме	Р	5		■	■	■												
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Б	21			■	■	■	■	■	■								
6	Разработка проекта	Б	31					■	■	■	■	■	■	■					
7	Определение целесообразности проведения ОКР	Р	2									■	■						
8	Разработка плана объекта с предложенным проектом	Б	6										■	■	■				
9	Оценка эффективности предложенного проекта	Б	3												■	■	■		

Продолжение таблицы 22

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
10	Составление пояснительной записки	Б	7																
11	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Б,Р	2,1																
12	Подготовка к представлению проекта и его представление	Б	21																



– студент;



– руководитель;

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы [20].

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки занесены в таблицу 23.

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – заинтересованная компания.

Основные работы для ВКР проводились за рабочей станцией в комнате жилого дома. Время, проведенное за рабочей станцией: 2424 часов. Мощность рабочей станции: 0,5 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле

$$C = Ц_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 2,93 \cdot 0,5 \cdot 2424 = 3551,16 \quad (7)$$

где $Ц_{эл}$ – тариф на электроэнергию (2,93 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 3551,16 рублей.

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
1. Электроэнергия	кВт·ч	1212	2,93	3551,16
2. Бумага	шт.	100	0,38	38

Продолжение таблицы 23

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
3. Печать на листе А4	шт.	100	1,5	150
4. Карандаш	шт.	1	8	8
5. Доступ в интернет	месяц	4	400	1600
Итого			5347,16	

5.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы включает расчет оплаты руководителя и студента-исполнителя. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Данные по заработной плате приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет заработной платы по окладу

№ п/п	Наименование этапов	Трудо-емкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
		Б	Р	Б	Р	Б	Р
1	Составление и утверждение технического задания	-	1,8	290,67	607,68	6976,22	14584,32
2	Подбор и изучение материалов по теме	4,1	0,7				
3	Выбор направления исследований	0,7	0,7				
4	Календарное планирование работ по теме	-	3,6				
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	14	-				
6	Разработка проекта	21	-				
7	Определение целесообразности проведения ОКР	-	1,4				
8	Разработка плана объекта с предложенным проектом	4	-				
9	Оценка эффективности модели	1,8	-				

Продолжение таблицы 24

№ п/п	Наименование этапов	Трудо- емкость, чел.-дн.		Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего зарботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
		Б	Р	Б	Р	Б	Р
10	Составление пояснительной записки	4,8	-				
11	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1,2	0,5				
12	Подготовка к представлению проекта и его представление	14	-				

Статья зарботной платы включает основную зарботную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную зарботную плату (8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная зарботная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная зарботная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная зарботная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле (9):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p, \quad (9)$$

где $З_{осн}$ – основная зарботная плата одного работника;

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная зарботная плата работника, руб.

Среднедневная зарботная плата рассчитывается по формуле (10):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot М}{F_d}, \quad (10)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 25).

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные дни; праздничные дни.	96 20	96 20
Потери рабочего времени, дни: отпуск; невыходы по болезни.	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени F_d , дни	249	249

Месячный должностной оклад работника (11):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot k_p, \quad 11)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 26.

Таблица 26 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	14584,32	1,3	18959,62	791,89	8,7	6889,44
Студент	6976,22	1,3	9069,09	378,79	65,6	24848,58

Основная заработная плата руководителя(от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей; иные выплаты; районный коэффициент [20].

5.2.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{осн}, \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Бакалавр
Основная заработная плата, руб.	6889,44	24848,58
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	1867,04	6733,96
Итого	8600,99	

5.2.4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	5347,16
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	31738,02
3. Отчисления во внебюджетные фонды	8600,99
Бюджет затрат НТИ	45686,18

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля) [21].

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{42091,7}{42091,7} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 29).

Таблица 29 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Оценка
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5
Удобство в использовании	0,15	3
Эффективность	0,25	5
Функциональность	0,15	4
Точность	0,15	4
ИТОГО	1	21

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 30) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (16)$$

Таблица 30 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4
3	Интегральный показатель эффективности	4

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но т.к. задача имеет довольно строгие условия, решение имеет лишь один вариант.

Список публикаций студента

1. Анализ возможности реализации инициативы МАГАТЭ по синергии 3S [Электронный ресурс] / П.А. Пушенко, Д.А. Седнев // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине : сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 3-6 июня 2015 г. / под ред. А. Н. Дьяченко [и др.]. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. [С. 284]. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C49/252.pdf>
2. Analysis of implementation possibility of the IAEA initiative on 3S synergy [текст]/ П.А. Пушенко, Д.А. Седнев// Сборник тезисов, 7-9 октября 2015, Young Scholars Interdisciplinary Forum Addressing Emerging Nonproliferation Challenges / CNS, Астана, Казахстан. – Астана, 2015 – С.39-40.
3. О возможностях внедрения инициативы МАГАТЭ по синергии 3S [текст]/ П.А. Пушенко, Д.А. Седнев // Сборник тезисов докладов, 25-26 ноября 2016, конференция молодых специалистов Инновации в атомной энергетике / Издательство АО "НИКИЭТ", Москва. – Москва, 2015. – С. 20.
4. О возможностях внедрения инициативы МАГАТЭ по синергии 3S [текст]/ П.А. Пушенко, Д.А. Седнев // Сборник докладов, 25-26 ноября 2016, Конференция молодых специалистов Инновации в атомной энергетике / Издательство АО "НИКИЭТ", Москва. – Москва, 2015. – С. 72-76.
5. Повышение уровня безопасности объектов ЯТЦ путем имплементации принципа синергии 3S [Электронный ресурс] / П.А. Пушенко, Д.А. Седнев // VI Школа-конференция молодых атомщиков Сибири : сборник тезисов докладов, 14-16 октября 2015 г., г. Томск / Росатом; Томская область, Администрация; Сибирский химический комбинат (СХК); Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт (СТИ). — Томск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2015. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C63/047.pdf>

6. Cross training as basis for 3S synergy implementation [текст] / П.А. Пушенко, Д.А. Седнев// Сборник тезисов, 22-26 мая 2016, NEStet 2016 / NEStet 2016, Берлин, Германия. – Берлин, 2016 – С.39.

7. Cross training as basis for 3S synergy implementation [текст] / П.А. Пушенко, Д.А. Седнев// Сборник докладов, 22-26 мая 2016, NEStet 2016 / NEStet 2016, Берлин, Германия. – Берлин, 2016 .

8. Получение синергетического эффекта путем унификации технических систем [текст]/ П.А. Пушенко, Д.А. Седнев // Сборник научных трудов, 1-3 июня 2016, VIII Международная научно-практическая конференция "Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине" / НИ ТПУ, Томск. – Томск, 2016. – С. 210.